

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií



## **Ovládání elektrického spotřebiče 230V pomocí krátkého přerušení napájecího napětí**

## **Controlling Electrical Appliance Using 230V Supply Voltage with Short Interruptions**

Bakalářská práce

Stanislav Drábek

Liberec

2011/2012

# **TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

## **Ovládání elektrického spotřebiče 230V pomocí krátkého přerušení napájecího napětí**

Drábek Stanislav

Studijní program:	B2612 – Elektrotechnika a informatika
Studijní obor:	2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy
Pracoviště:	Ústav řízení systému a spolehlivosti Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií Technická Universita v Liberci Studentská 2, 461 17, Liberec 1
Školitel:	Ing. Jiří Jelínek Ph. D.
Konzultant:	Ing. Petr Fuchs

### Rozsah bakalářské práce

Počet stran:	40
Počet obrázků :	32
Počet tabulek:	3





## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum 15. 5. 2012

Podpis .....

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval zejména panu Ing. Jiřímu Jelínkovi Ph. D. za jeho rady a pomoc při vytváření této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě J & K elektro Liberec za spolupráci s dodáváním součástek. V neposlední řadě pak poděkování přátelům a rodině za podporu ve studii.

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je seznámení s principy analogové a číslicové techniky, zejména se seznámit s možnostmi napájení odvodů, logickými obvody, spínacími prvky, se softwarem pro návrh desek plošných spojů a výrobou těchto desek, nebo jinou realizací elektrických obvodů. Na základě těchto znalostí sestavit zařízení, které bude ovládat elektrický spotřebič 230 V pomocí krátkého přerušení napájecího napětí. To zahrnuje návrh řídicího obvodu, převodníku výkonu z elektrické sítě a použití spínacího prvku. Velký důraz je kladen na převodník výkonu pro řídicí obvod, který by měl při stálém zapojení do elektrické sítě vykazovat co nejmenší příkon a dlouhou životnost. Výsledkem je zařízení, které může být použito pro laboratorní účely.

*Klíčová slova:* návrh obvodu, řídicí obvod, převodník výkonu

## **Abstract**

The goal of this thesis is an overview of the functional principles of analog and digital equipment, with an emphasis on the available circuit power supply types, logical circuits, switches, software for designing of the circuit boards and their production, as well as other electric circuit building options. The next step is, using the acquired knowledge, to build a device that would control a 230V electric appliance using a short interruption of its power supply. That includes the design of the control circuit, power converter and the switch. The main focus is on the power converter for the control circuit, which should have the least possible power consumption and long life expectancy assuming permanent electric connection. The result is a piece of equipment that can be used for laboratory purposes.

*Keywords:* circuit design, control circuit, power supply types



# Obsah

Obsah .....	9
Seznam obrázků .....	10
Úvod .....	11
1. Převodníky výkonu .....	12
1.1. Zdroje s transformátorem .....	12
1.2. Spínané zdroje .....	13
1.3. Napájecí obvod využívající nízkého napětí v síti .....	14
1.4. Zdroje napětí s předřadnými kondenzátory .....	15
2. Obvody CMOS .....	17
3. Relé .....	18
4. Tvorba desek plošných spojů .....	18
4.1. Vrtání .....	19
4.2. Broušení, odmaštění .....	19
4.3. Prokovování vyvrtaných otvorů .....	19
4.4. Nanesení fotocitlivého materiálu .....	20
4.5. Vytvoření motivu .....	20
4.6. Dodatečné úpravy .....	20
4.6.1. Nepájivá maska .....	20
4.6.2. Pájitelný lak .....	20
5. Návrh obvodu .....	21
5.1. Blokové schéma .....	21
5.2. Napájecí část .....	21
5.2.1. Stabilizátor L78L05 .....	23
5.3. Obvod pro řízení relé .....	23
5.3.1. Klopný obvod typu D .....	24
5.3.2. CMOS 4013 .....	25
5.3.3. Obvod CMOS 4093 .....	26
5.3.4. Schmittův obvod .....	27
5.3.5. SUN HOLD RAS-2415 .....	30
6. Návrh desky plošného spoje .....	33
6.1. Vývojový program Eagle .....	33
6.2. Pravidla pro návrh desky plošných spojů .....	33
6.3. Výsledná deska plošných spojů .....	34
7. Použití .....	35
7.1. Párování více zařízení .....	36
Shrnutí vlastností realizovaného zařízení .....	Error! Bookmark not defined.
Závěr .....	39
Citovaná literatura .....	39

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Blokové schéma zdroje s transformátorem.....	12
Obrázek 2 Schematická značka transformátoru .....	12
Obrázek 3 Blokové schéma spínaného zdroje.....	13
Obrázek 4 Schéma zapojení pro získání napětí ze sítě s bipolárním tranzistorem MOSFET a řadou LED na výstupu [2] .....	14
Obrázek 5 Tranzistor T2 spíná pouze při poklesu síťového napětí pod prahovou hodnotu [2].....	15
Obrázek 6 Schéma zdroje s předřadným kondenzátorem .....	17
Obrázek 7 Ukázka principu relé, vlevo rozepnuto, vpravo sepnuto .....	18
Obrázek 8 Ukázka podoby desky plošných spojů [6] .....	18
Obrázek 9 Blokové schéma.....	21
Obrázek 10 schéma napájecího obvodu .....	22
Obrázek 11 stabilizátor v pouzdře TO-92 .....	23
Obrázek 12 bistabilní klopný obvod .....	24
Obrázek 13 zapojení a funkce děličky dvěma.....	25
Obrázek 14 CMOS4013 uspořádání hradel .....	25
Obrázek 15 realizace D klopného obvodu pomocí JK obvodu.....	25
Obrázek 16 schéma řídicího obvodu .....	26
Obrázek 17 CMOS 4093 uspořádání hradel .....	26
Obrázek 18 způsob zapojení do obvodu .....	27
Obrázek 19 ukázka závislosti výstupu na aktuální hodnotě.....	27
Obrázek 20 závislost výstupu na vstupu v zapojení se Schmittovým obvodem.....	28
Obrázek 21 Senzor výpadku napětí bez A/D převodníku .....	28
Obrázek 22 Ošetřením nevyužitých vstupů.....	29
Obrázek 23 podoba relé.....	30
Obrázek 24 vnitřní zapojení relé .....	30
Obrázek 25 rozměry relé .....	31
Obrázek 26 vyvedení kontaktů relé na svorkovnici .....	31
Obrázek 27 výsledné schéma zařízení .....	32
Obrázek 28 výsledná podoba návrhu desky plošných spojů.....	34
Obrázek 29 ukázka zapojení 1.....	35
Obrázek 30 ukázka praktického užití .....	35
Obrázek 31 ukázka zapojení 2.....	36
Obrázek 32 ukázka zapojení a funkce více zařízení spojených paralelně.....	36

## Úvod

Seznámení se s principy analogové a číslicové techniky je základním předpokladem pro konstrukci elektronických zařízení. Elektronika zahrnuje řízení toku elektricky nabitých částic pomocí aktivních a pasivních součástek. Ty mohou být děleny dále na diskrétní součástky a integrované obvody. V analogové technice se používají právě převážně diskrétní součástky, průběhy napětí a proudů jsou uvažovány jako spojité. U číslicové techniky převahuje použití integrovaných obvodů, ty obsahují diskrétní součástky uspořádaný tak, že je možné úrovně signálů považovat za logické. Důležitý je také převod mezi logickými a analogovými hodnotami, k tomu slouží analogově digitální, nebo digitálně analogové převodníky.

Na základě získaných znalostí je potřeba sestavit převodník výkonu, který bude spolehlivě napájet logické obvody i během přerušení napájení. Sestavit logický obvod pro řízení relé a senzor přerušení napětí.

Elektronická zařízení jsou využívána ve všech odvětvích moderního průmyslu. Nahrazují nutnost přítomnosti člověka, nebo zjednodušují jeho práci. Takovým zařízením je právě zařízení pro ovládání elektrického spotřebiče 230 V pomocí krátkého přerušení napájecího napětí. Může nahradit ruční přepojování kabelů nebo potřebu několika přepínačů. Umožňuje vzdálenou kontrolu nad ovládáním spotřebičů s několika možnostmi zapojení.

## Motivace

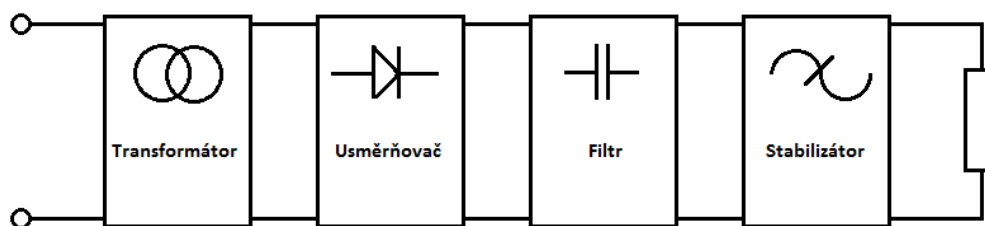
Motivací je vytvořit elektronické zařízení, které umožňuje krátkým přerušováním napájecího napětí, ovládat spotřebič 230 V. Ovládání spočívá v přepínání relé, které přepíná mezi dvěma stavy. Takové zařízení může sloužit v laboratořích k jednobodovému přepínání mezi počtem spínaných topných spirál nebo jiných elektrických spotřebičů.

## Cíle

Cílem je seznámení se základními principy analogové a číslicové elektroniky. Návrh optimálního převodníku výkonu pro řídicí obvod a návrh obvodu pro řízení relé nebo výkonové elektronické součástky. Realizace obvodu pro ovládání elektrického spotřebiče 230 V pomocí krátkého přerušení napájecího napětí.

## 1. Převodníky výkonu

### 1.1. Zdroje s transformátorem



Obrázek 1 Blokové schéma zdroje s transformátorem

Transformátor transformuje síťové napětí na požadovanou hodnotu o stejné frekvenci, toto napětí je usměrněno, dále je odstraněno zvlnění ve filtru a stabilizátor zajistí stálou hodnotu výstupu.

#### 1.1.1. Transformátor



Obrázek 2 Schematická značka transformátoru

Transformátor je netočivý elektrický stroj, který mění elektrickou energii na elektrickou energii jiných parametrů. Princip činnosti je dán magnetickou indukcí. Při průchodu střídavého napětí na primárním vinutí se na sekundárním vinutí indukuje napětí jiné velikosti. To je dáno transformačním poměrem, což je počet závitů na primárním, k počtu závitů na sekundárním vinutí.

Zdroje s transformátorem jsou velmi používané. Dají se použít téměř pro jakékoliv požadavky napájeného obvodu, zejména jde o požadovaný výkon, zaleží jen na provedení transformátoru. Další výhodou transformátoru galvanické oddělení primárních a sekundárních vinutí, což znamená vodivé spojení mezi dvěma obvody, které není tvořeno přímo vodičem.

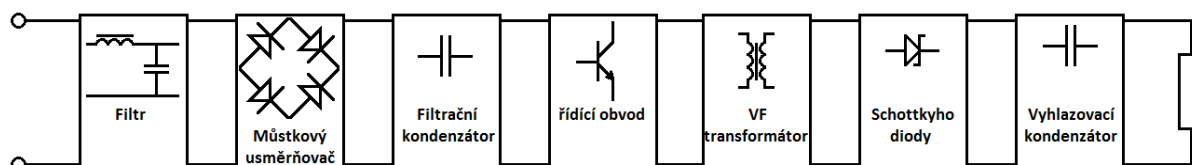
Transformátor pokud je připojený k napájení, tak i v případě že jej nezatěžujeme, primárním vinutím tečou magnetizační proudy, způsobující přemagnetizování jádra tepelné ztráty úměrné velikosti hysterezní smyčky použitého materiálu. Můžeme se o tom velmi snadno přesvědčit. Starší typy nabíječek k mobilním telefonům se zahřívají i v režimu naprázdno [1]. Ztráty na transformátoru závisí na jeho velikosti. A to tak že velké transformátory mají větší

účinnost okolo 98%, mále pak okolo 60 – 70%. S rostoucím výkonem těchto transformátoru ztrátový výkon roste.

U malých transformátorů může být, takový ztrátový výkon zhruba 1 W. Tito ztráty vypadají zanedbatelně v poměru k ostatním spotřebičům, ale při stálém zapojení zařízení každý watt ztrátového výkonu zvýší roční spotřebu elektřiny o 8,76 kWh [1]. Po vynásobení cenou 1 kWh a větším počtu těchto zařízení to je poměrně vysoká částka.

## 1.2. Spínané zdroje

Rozměry a hmotnost transformátoru jsou tím menší, čím větší je pracovní kmitočet. Zvýší-li se např. z 50 Hz tisíckrát, rozměry transformátoru je možné zmenšit třicetkrát. Sít'ové napětí proto nejdříve usměrníme můstkovým usměrňovačem, filtrujeme kondenzátorem a poté pomocí spínacího obvodu převedeme na kmitočet 100 až 200 kHz. Malým transformátorem s feritovým jádrem jej transformujeme, rychlými Schottkyho diodami jej usměrníme a kvalitním kondenzátorem nebo LC filtrem vyhladíme. Rychlé spínání na vysokých kmitočtech by mohlo být zdrojem rušení. Každý spínaný zdroj musí být proto dobře odrušen. V jeho sít'ovém přívodu je zapojen LC filtr, proti vyzařování jej umístíme do plechové krabíčky. [1]



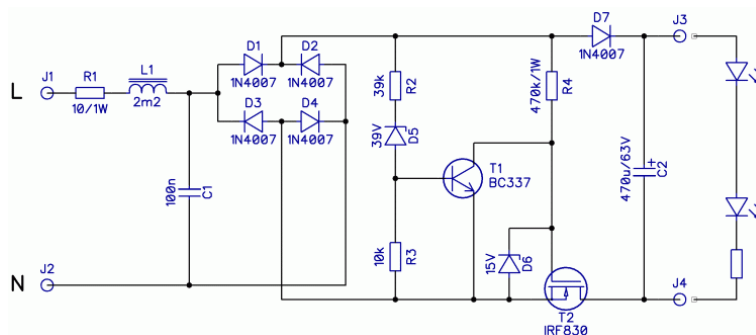
Obrázek 3 Blokové schéma spínaného zdroje

Zdroje s velkým množstvím použitého materiálu na vinutí transformátoru, jádro, chlazení jsou nahrazovány malými zdroji s integrovanými obvody. Spínané zdroje nejsou náchylné na změny napětí na vstupech. S poklesy, nebo naopak přesahy si poradí řídicí obvod.

Obvod zajišťuje galvanické oddělení, ale také kvůli použití můstkového usměrňovače je na výstupu plavoucí zem. Což by způsobovalo problémy s dalšími částmi obvodu, spojenými se sít'ovým napětím. Dále je rychle spínání zdrojem rušení, to je odrušeno filtry na výstupu zdroje ale ne vždy úplně spolehlivě. Jejich cena ve velkých sériích je výhodná, zejména díky úspoře materiálu. Jejich návrh je však na rozdíl od klasických zdrojů, který si může sestavit téměř kdokoliv, velmi náročný.

### 1.3. Napájecí obvod využívající nízkého napětí v síti

Pokud máme aplikaci, kterou chceme napájet přímo ze síťového napětí a přitom potřebujeme získat větší proud, můžeme využít sice ne příliš rozšířené, avšak rozhodně zajímavé řešení. To spočívá ve využití pouze přesně omezených, náběžných a sestupných hran sinusového průběhu. Tedy okamžiků, kdy je aktuální síťové napětí menší nebo rovno, než požadovaná hodnota.

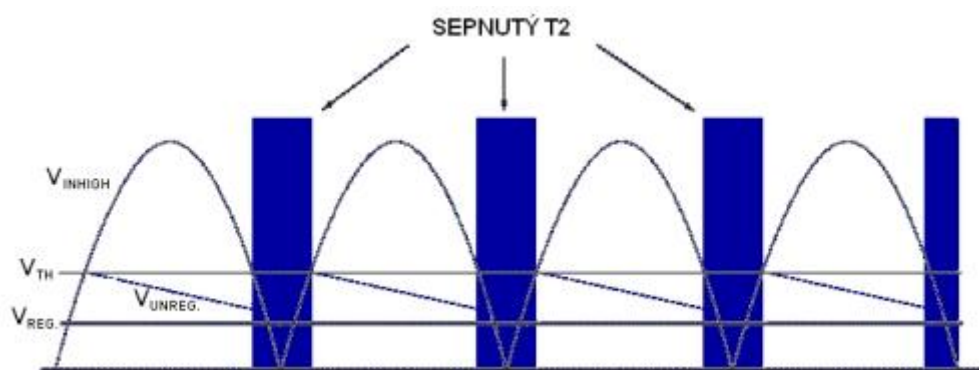


**Obrázek 4 Schéma zapojení pro získání napětí ze sítě s bipolárním tranzistorem MOSFET a řadou LED na výstupu [2]**

Obvod na obr. xx využívá nízkého napětí mezi jednotlivými půlvlnami síťového napětí. Celý je přitom sestaven z běžně dostupných součástek a nevyžaduje použití filtrační tlumivky na výstupu. Navíc nevyžaduje ani použití vysokonapěťového filtračního kondenzátoru, rozptýluje pouze minimální ztrátový výkon a samozřejmě umožňuje nastavení hodnoty výstupního napětí.

Funkce obvodu spočívá v řízení úhlu otevření tranzistoru MOSFET – T2 (IRF830). Pokud je aktuální hodnota vstupního síťového napětí nižší, než je stabilizační napětí diody D5 – tedy  $V_{TH}$ , není na odporu R3 žádný úbytek napětí a tranzistor T1 je uzavřen. Díky tomu je přes odpor R4 na řídicí elektrodě tranzistoru T2 kladné napětí a ten je tudíž zcela otevřený. Tranzistorem T2 v tuto chvíli protéká proud a aktuálním síťovým napětím nabíjí kondenzátor C2. Samozřejmě síťové napětí klesá až na nulu, takže je nutné do obvodu zařadit diodu D7, která brání opětovnému vybití kondenzátoru do obvodů zdroje.

Jakmile vstupní napětí vystoupá nad mezní hodnotu diody D5, začne jejím obvodem protékat proud, který má za následek otevření tranzistoru T1. Ten svým kolektorem zkratuje řídicí elektrodu T2, který se ihned uzavře. Díky tomu se výstupní kondenzátor C2 nabíjí pouze po takové vstupní napětí, které vyžadujeme.



**Obrázek 5 Tranzistor T2 spíná pouze při poklesu síťového napětí pod prahovou hodnotu [2]**

Výkonový tranzistor T2 se otevírá pouze při nízkém napětí, takže celková výkonová ztráta obvodu je velmi malá. Samozřejmě stabilita regulace je závislá na napětí Zenerovy diody, takže pokud obvodem chceme napájet například mikroprocesor, je nutné doplnit výstup o malý lineární stabilizátor.

Výkonový rezistor (pojistka) R1 chrání obvod a zároveň omezuje proudový náraz při prvním zapnutí. Zenerova dioda D6 omezuje maximální napětí na řídicí elektrodě tranzistoru T2 na zhruba 15 V.

Při spínání vznikají samozřejmě na elektrodách Source a Drain tranzistoru T2 vznikají napěťové hrany, které jsou zdrojem elektromagnetického rušení. Aby nedocházelo k přenosu rušení do síťového napětí a jeho přenosu do širokého okolí, je na vstupu obvodu použit jednoduchý LC filtr, složený ze součástek L1 a C1. Jinak obvod pracuje spolehlivě a při napájení řady LED stabilizuje jejich jas v širokém rozsahu vstupního napětí.[2]

#### **1.4. Zdroje napětí s předřadnými kondenzátory**

U obvodů s minimálním odběrem proudu, které potřebujeme napájet přímo síťovým napětím, můžeme použít pouze předřadný rezistor. Na něm však vznikají tepelné ztráty zvyšující se s velikostí protékajícího proudu. Proto je výhodné využití principu spínaného kondenzátoru. Impedance na kondenzátoru je závislá na frekvenci dle vzorce:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (1.1)$$

to znamená, že s rostoucí frekvencí, roste impedance. Na kondenzátory lze tedy zjednodušeně pohlížet jako na frekvenčně závislé odpory. Pro ideální kondenzátor předbíhá maximum proudu maximum napětí o 90°. V důsledku toho nedochází v ideálním kondenzátoru k tepelným (Joulovým) ztrátám, protože střední hodnota činného výkonu za periodu je

nulová. Vzniká pouze zanedbatelný jalový výkon kapacitního charakteru, který uživatelé neplatí a který je povinnost kompenzovat pouze u velkých indukčních jalových výkonů, který vytvářejí velké motory[1]. V případě reálného kondenzátoru (například s nežádoucím vnitřním odporem) se uvedený fázový posun může lišit od ideálního případu 90° řádově o jednotky stupňů. Důsledkem jsou tepelné ztráty, které rostou s rostoucí frekvencí a protékajícím proudem [3]. I tak je jeho provoz ve srovnání s rezistorem mnohem ekonomičtější.

Z uvedeného vzorce (1.2), lze odvodit přibližný vztah pro proud procházející kondenzátorem:

$$I = \frac{U}{X_c} = U \frac{1}{2\pi f C} = 2\pi f C U \quad (1.2)$$

Kde U je velikost síťového napětí, tedy 230V a f je frekvence v síti 50Hz. Výstupní napětí zdroje musí být výrazně menší než napětí sítě, skutečný proud bude o něco menší.

C [nF]	100	150	220	330	470	680	1000
Imax [mA]	7,2	10,8	15,9	23,8	34	49,1	72,3

**Tabulka 1 maximální velikost zátěže v závislosti na kapacitě předřadného kondenzátoru**

Cena kondenzátorů s vyšší kapacitou je poměrně vysoká. S tabulky je vidět že při použití běžně dostupných kondenzátorů, které jsou určeny pro síťové napětí, je výsledný proud relativně malý. Pro větší proudy je vhodnější použití jiného řešení.

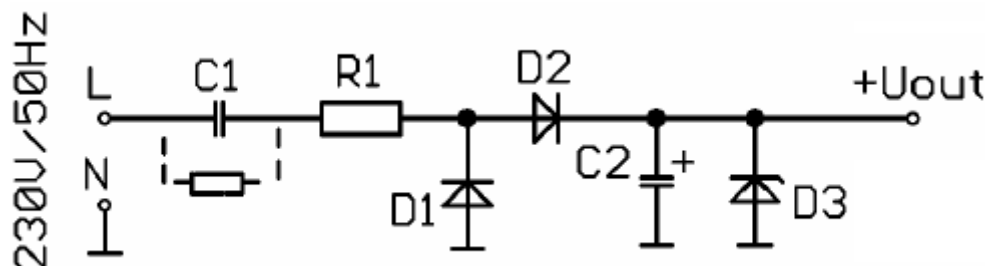
Velkou nevýhodou tohoto připojení je galvanické spojení zátěže se sítí. To znamená, že při výměně fázového a středního vodiče na vstupu zapojení může na výstupu znamenat možnost dotyku na síťové napětí. Proto se doporučuje používat zařízení s tímto typem převaděče síťového napětí jako pevně spojeného s rozvodem sítě. Nebo aspoň připojovat do nepohyblivého přívodu, kde by nemělo k této záměně při použití vhodné přípojky dojít.

Pro zajištění střídavé složky na kondenzátoru je mezi něj a střední vodič umístěna dioda propouštějící v opačném směru než je stejnosměrné napětí. Stejnosměrné napětí je zajišťováno druhou diodou. Které dále filtrujeme elektrolytickým kondenzátorem. Diody dimenzujeme minimálně na špičkové napětí sítě, kondenzátor C2 na malé napětí.

Při připojení k síti vzniká přechodový jev. K omezení nabíjecího proudu krátce po zapnutí zapojujeme rezistor R. Jeho hodnota je v řádu stovek ohmů, aby na něm za provozu nebyl velký úbytek napětí. Někdy při použití předřadného kondenzátoru s větší kapacitou k němu paralelně zapojujeme vybíjecí rezistor 1 MΩ za účelem odstranění náboje po odpojení obvodu. Rezistor R má být dimenzován na síťové napětí (které je na něm pouze nepatrný zlomek sekundy), neměl by být proto miniaturní nebo SMD.



Výstupní napětí je potřeba stabilizovat Zenerovou diodou, která zachytí špičku napětí při zapnutí, dále jej můžeme kvalitně stabilizovat monolitickým stabilizátorem IO1.[1]



**Obrázek 6 Schéma zdroje s předřadným kondenzátorem**

## 2. Obvody CMOS

Integrované obvody typu CMOS je výhodnější než TTL. CMOS v klidovém stavu mají téměř nulovou spotřebu a odebírají více pouze při změně stavu. Napájení ( $U_{DD}$ ) u CMOS má mnohem větší rozmezí od 3V do 20V oproti TTL, které je typicky 5V s velmi malou tolerancí (5-10%). Také napěťové úrovně pro logickou 0 a 1 jsou u CMOS určeny velikostí napájecího napětí. Přibližně to je 0 až 0,3  $U_{CC}$  pro úroveň L a 0,7 až  $U_{CC}$  pro úroveň H. Katalogově je to pro mnou zakoupenou součástku je to maximálně 1,5V pro úroveň L a minimálně 3,5V pro úroveň H. Úroveň napájecího napětí určuje i dynamické vlastnosti obvodu. Při malém napětí je nižší spotřeba a větší dynamická odolnost vůči krátkým rušivým impulsům, ale přechodové jevy jsou pomalejší.[5]

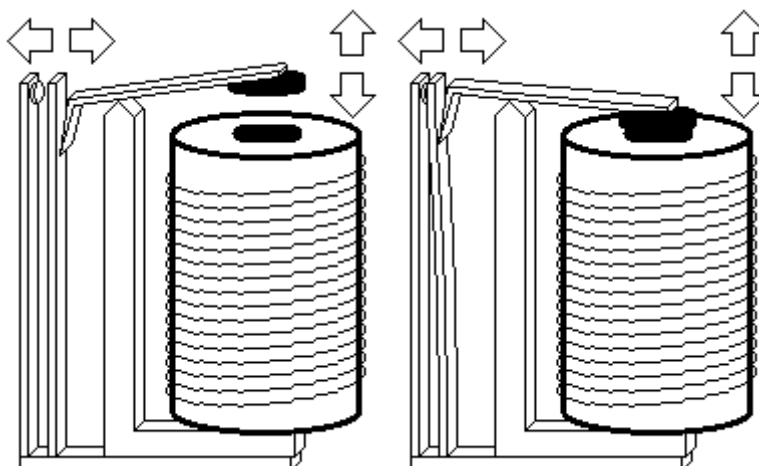
Napájecí napětí nesmí přesáhnout i během náběhu napájení maximální hodnotu, pak se může struktura CMOS, která je vícevrstvou strukturou přechodů p-n chovat jako tyristor a dojde ke zkratu napájecího napětí. Obvody CMOS jsou také náchylnější na statickou elektřinu.

Srovnání TTL s CMOS:

- klidový odběr je téměř nulový u CMOS
- rozsah napájecího napětí je z TTL úzký s malou tolerancí
- vstupní proudy jsou podobně jako u klidového odběru
- u CMOS odolnost proti rušení

### 3. Relé

Je elektronická součástka obsahující cívku, která po zmagnetizování napětím přitáhne, nebo odpudí kontakty spínače v poli tohoto elektromagnetu. Slouží jako spínač ovládající silové nebo signální obvody. Charakteristické parametry jsou pracovní napětí a proud, vnitřní odpor, příkon, časy přitahu/ odpadu kontaktů relé a zatížitelnost. Výhodou relé je oddělení ovládacích a ovládaných kontaktů, vysoká zatížitelnost dle provedení relé. Nevýhodou pak pomalejší časy přitahu/ odpadu, velký příkon cívky.



**Obrázek 7 Ukázka principu relé, vlevo rozepnuto, vpravo sepnuto**

### 4. Tvorba desek plošných spojů



**Obrázek 8 Ukázka podoby desky plošných spojů [6]**

Tvorba desky plošných spojů je náročná na vybavení a znalosti. Jejich výrobou se zabývají specializované firmy, využívají různé metody spojené s přesností a výslednou kvalitou. Univerzita těmito zařízeními disponuje, a proto jsem využil možnosti zhotovení mého zapojení v nich.

Desky plošného spoje jsou tvořeny dvěma vrstvami, kterými jsou nosný materiál a měděná folie. Nosný materiál tvoří různé druhy lisovaných papírů, epoxidovaných pryskyřic kombinovaných se skelnými vlákny, nebo polyimidy, aramidy a další. Desky se vyrábějí až v 16 vrstvách, které jsou vodivě spojeny přes otvory v nosném materiálu.

Laboratoř na výrobu desek plošných spojů disponuje zařízeními pro výrobu dvou vrstevných desek. Postup je takový že by výroba jednovrstvé desky znamenala úpravu technologií takovým způsobem, že je výhodnější vyrobít jednovrstvou desku stejnou technologií jako desku dvouvrstvou.

#### **4.1. Vrtání**

Při výrobě se nejprve do desky plošného spoje vyvrtají otvory pro součástky. To z důvodu druhého kroku, kterým je prokovení vyvrtaných děr, aby bylo dosaženo vodivého spojení obou stran. To musí být provedeno před nanesením fotocitlivého materiálu, protože dalším krokem je leptání, které by nemělo smysl, kdyby došlo k dalšímu pokovení nosného materiálu. Způsob vrtání je ovlivněn nároky na odvod tepla, přesnost, rychlost, úhel. Parametry vrtání jsou otáčky, rychlost a hloubka vnoření, průměr vrtáku. Vrtání není jedinou technologií zhotovení děr, používají se i různé lasery a plazma. Proces vrtání je časově poměrně náročný, provádí se na CNC strojích, po zhotovení děr je potřeba odstranit otřepty.

#### **4.2. Broušení, odmaštění**

Povrch měděného filmu zpravidla není před začátkem výroby zcela čistý. Mastné skvrny mohou zabránit správnému vystavení desky UV ozařování proto je v laboratoři k dispozici přístroj pro čištění desek. Je to zařízení s rotačním válcem, který se pohybuje po desce zafixované v držáku. Neslouží k odstranění otřepů z vrtaných děr, to musí být provedeno ručně, jinak dochází k rychlému zanesení čistícího návleku na válci.

#### **4.3. Prokovování vyvrtaných otvorů**

Provádí se pouze u vícevrstevných desek, u jednovrstevných se tento bod výroby vynechává. Důvod prokovování je spojení několika vrstev měděné fólie skrz vyvrtané díry. Prvním krokem je smáčení desky v roztoku paladia, ten ulpívá k povrchu desky po celém objemu včetně vyvrtaných otvorů. Ten se poté smáčí v roztoku, který roztok paladia stabilizuje tak, aby po ponoření do další lázně nedošlo k jeho odplavení. To vše je děláno z důvodu zajištění vodivosti povrchu pro provedení galvanického nanesení mědi. Měděný film nanesený na desce se standardně používá v šířce 18, 35, 70, 105 $\mu$ m. Návrh mnou zadaný do výroby byl zhotovená na desce o šířce nosné desky 1,5 mm a tloušťce měděné fólie 35 $\mu$ m. Prokovováním

se šířka měděné folie zvětší o několik dalších mikrometrů v závislosti na době provádění galvanického nanášení.

#### **4.4. Nanesení fotocitlivého materiálu**

V laboratoři je speciální zařízení, složené ze dvou válců odvíjejících fólii s cívkou, která je pak nažehlována na desku umístěnou mezi těmito válci. Nažehlování probíhá při teplotě válců asi 100°C. Fólie je nažehlována z obou stran desky zároveň.

#### **4.5. Vytvoření motivu**

Motiv je vytvořen na fólii, která je v místech kde má být měď odleptána průhledná. Fólii může tvořit i pauzák potištěný inkoustem v běžné tiskárně. Takovou předlohu lze vytvořit i v laboratoři školy, ale hodí se pouze pro obvody s nízkou složitostí a rozměrnými vodiči a ploškami. Při užších vodičích je riziko podleptání větší a proto se používá speciální fólie, kterou nelze v laboratořích školy vyrobit a je zhotovována u komerčního výrobce. Tato folie musí být přesně sesazena s deskou podle vyvrtaných otvorů. Poté je deska umístěna do osvitové komory kde se vytvoří budoucí cesty ve fotorezistu.

Případné nečistoty se odstraňují v speciální ostřikové lázni. Poté je deska umístěna do další nádoby, kde je ostřikována chloridem železitým který vytvoří v měděné fólii výsledný motiv. Leptání v chloridu železitém není moc rychle, ale jeho výhodou je oproti hydroxidu sodnému dlouhodobá skladovatelnost roztoku.

#### **4.6. Dodatečné úpravy**

##### **4.6.1. Nepájivá maska**

Slouží jako izolační vrstva vytvořena na spojích. Pokrývá většinou celou část desky kromě plošek pro pájení. To zabraňuje roztékání pájky do míst, kde by neměla být. Tím snižuje její použité množství, zabraňuje nechtěnému spojení vodičích cest, zlepšuje optickou kontrolu zapájených součástek a chrání desku před okolním prostředím.[6]

Maska se v laboratořích nanáší pomocí takzvaného sítotisku jako dvojsložková pasta, která je poté vytvrzena teplem.

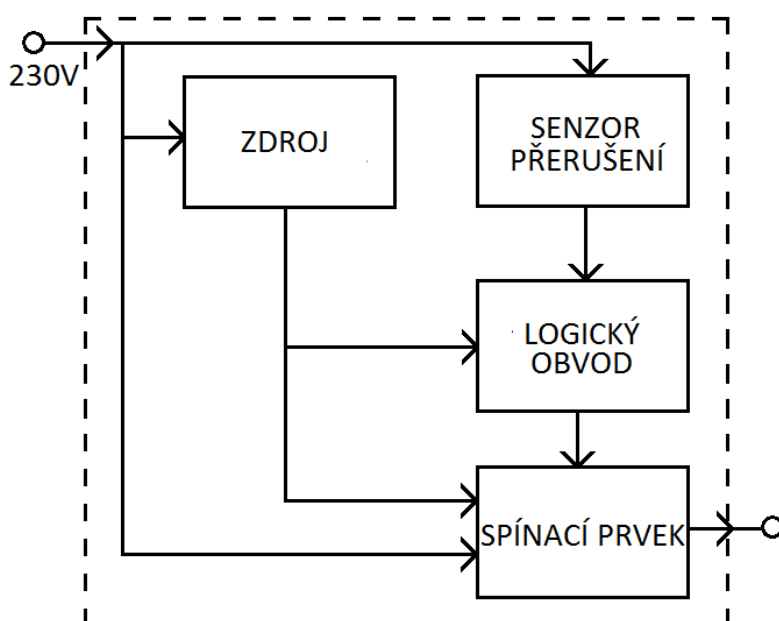
##### **4.6.2. Pájitelný lak**

Vrstva mědi by bez ochranné vrstvy podlehla rychlé oxidaci, která by mimo jiné stěžovala pájení. Proto je nanesen pájitelný lak ve formě spreje, který plošné spoje chrání, konzervuje a ulehčuje pájení.

## 5. Návrh obvodu

### 5.1. Blokové schéma

Celé zařízení je napojeno na síťové napětí 230V. Funkce zařízení se dá rozdělit do čtyř bloků. Prvním je zdroj, ten převádí co nejefektivněji výkon ze sítě na úroveň pro napájení dalších bloků schématu. Také musí zajistit dočasné zásobování logického obvodu energií při krátkém přerušení napájení. To můžou být řádově vteřiny, při delším výpadku se obvod vypne. Logický obvod řídí spínací prvek, kterým může být relé, nebo jiná výkonová součástka. Logický obvod pracuje na základě povelu ze senzoru přerušení, který je spojen se sítí a reaguje na přerušení napájecího napětí.

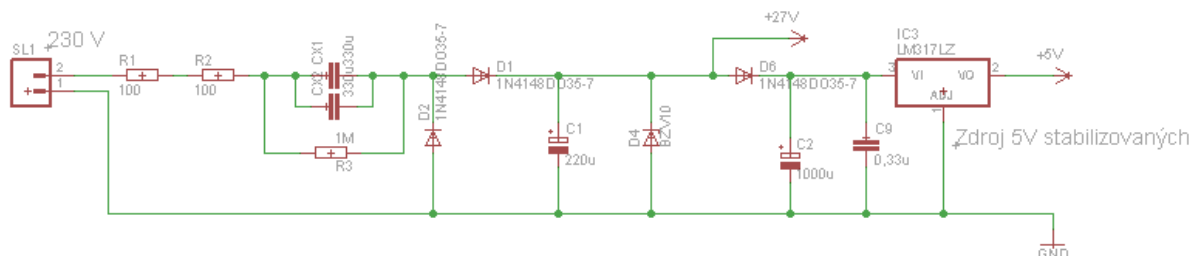


Obrázek 9 Blokové schéma

### 5.2. Napájecí část

Z uvedených 4 možností napájení se jako optimální převodník výkonu jeví zdroj s předřadným kondenzátorem. Zdroj s transformátorem je nejběžnější, ovšem jeho spotřeba naprázdno a tedy zbytečné tepelné ztráty při stálém zapojení jsou nevyhovující. Návrh a stavba pulzního zdroje by byla náročná a vzhledem k mále kusové výrobě se dá předpokládat i s vyššími náklady na každý kus. Dále pak nevyhovující usměrnění můstkovým usměrňovačem, kde by plavoucí zem na výstupu musela být spojena se senzorem přerušení napájení optočlenem, nebo některým jiným způsobem nezahrnující spojení vodičem. Stejně tak zdroj využívající nízkého napětí v síti je zkonstruován s můstkovým usměrňovačem. Jeho

výhody jsou rozměry, použití běžně dostupných součástek a relativně velká proudová zatížitelnost. Ta však vzhledem k malým proudům v obvodu je nevyužitá, navíc obvod vykazuje jisté tepelné ztráty, které u zdroje s předřadným kondenzátorem nejsou. Proto jsem zvolil tento převodník výkonu a přizpůsobil ho mému zapojení.



**Obrázek 10 schéma napájecího obvodu**

Důležité bylo si předem stanovit, jaké napětí budu potřebovat pro napájení logických obvodů a spínacího prvku. Logické obvody jsem použil CMOS, ty jsou při nižším napětí pomalejší a tudíž odolnější vůči rušení. Proto jsem zvolil minimální doporučenou hranici pro obvody této řady 5V. Relé jsem zvolil pro 24 V, v této hodnotě se vyrábějí provedení Zenerovy diody 24 V a 27 V. Relé funguje i při tom vyšším napětí a proto jsem z důvodu zpoždění odpadu relé při odpojení vybral diodu 27 V.

Z tabulky 1 jsem zvolil kondenzátory 680μF. To znamená, že v obvodu můžu pracovat až téměř s 50 mA, což bohatě stačí na napájení logického obvodu a relé. Místo jednoho kondenzátoru jsem použil dva paralelně spojené, to z důvodu úspory místa dvěma malými než jedním velkým kondenzátorem. Také to zajistí větší odolnost vůči proudovým nárazům a zajistí větší bezpečnost obvodu při selhání jednoho z nich. Stejně tak jsem jeden 200Ω odpor sloužící k omezení nabíjecího proudu nahradil dvěma 100Ω. Ten je sice vystaven takovému namáhání jen krátkou chvíli, ale rozhodně je lepší takto zvýšit odolnost obvodu. Odpor 1 MΩ paralelně spojený s kondenzátorem C1 slouží k svedení náboje po odpojení obvodu. Vyhlažovací kondenzátor je složité určit bez znalosti proudového odběru vnitřních součástek, avšak budeme-li počítat s maximálním odběrem daným kondenzátorem  $I_{max} = 50 \text{ mA}$ , můžeme určit ze vzorce 1.3. jeho přibližnou velikost.

$$C_1 = \frac{I_{max} \cdot T}{\Delta U} = \frac{0,05 \cdot 20^{-2}}{28-24} = 2,5 \cdot 10^{-4} = 250 \mu F \quad (1.3)$$

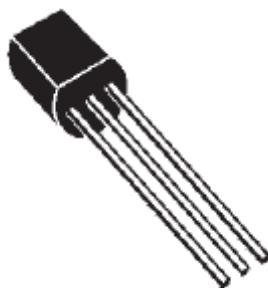
T je perioda zvlnění po usměrnění,  $\Delta U$  je rozdíl mezních hodnot požadovaného napětí. Vzhledem k tomu že proudový odběr nikdy nedosáhne hodnoty 0,05 ampéry, zvolil jsem kondenzátor 220μF který je rozměrově menší.

Jelikož nároky na stabilizaci napětí 27 V nejsou vysoké, postačí k němu Zenerova dioda 27 V, která zároveň slouží k zachycení špičky po připojení na napájecí napětí. Na stabilizaci 5

V jsou již kladeny větší požadavky, proto jsem pro jeho regulaci zvolil lineární stabilizátor L78L05

### 5.2.1. Stabilizátor L78L05

Jedná se o sérii tří vývodových kladných regulátoru, obsahující ochranu proti nadproudu a vypnutí při přehřátí, která je činí téměř nezničitelnými. Pokud je dodrženo adekvátní chlazení, dokáže poskytnout až 100 mA výstupního proudu. Jsou vyráběny jako pevné stabilizátory napětí v širokém rozmezí. Využívají kombinaci Zenerových diod a rezistorů bez potřeby doplnění dalšími vnějšími součástkami[7]. Stabilizátor je v pouzdře TO-92, L označuje verzi pro proudy do 100 mA. Ta má nižší proud potřebný pro jeho správnou funkci než verze H a dodávaný proud je pro činnost logických obvodů více než dostačující. Zapojení je doplněno o kondenzátor 33 $\mu$ F a 100  $\mu$ F z důvodu zlepšení vlastností stabilizátoru i když dokáže pracovat i bez nich.



**Obrázek 11 stabilizátor v pouzdře TO-92**

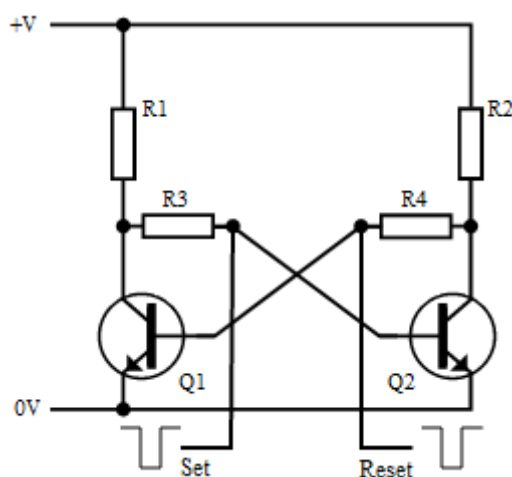
Dále je v zdroji zapojen kondenzátor 1000 $\mu$ F, který slouží k napájení logické části po odpojení ze zdroje. Tomu je navíc předřazena usměrňovací dioda, která zabraňuje po odpojení napájení úniku náboje s kondenzátoru zpět do zdroje.

### 5.3. Obvod pro řízení relé

K ovládání relé je zapotřebí realizace logické funkce, k tomu poslouží sekvenční logické obvody. Jedná se o obvody složené z kombinační a paměťové části. Paměťová část je tvořena vnitřními stavy proměnných, ty v kombinační části ovlivňují vstupní proměnné tak, že na výstupu při stejných hodnotách vstupu není vždy stejná odezva. Tyto obvody jsou dále dělené na synchronní a asynchronní. Synchronní sekvenční obvody nereagují na vstupní proměnné, dokud není převeden taktovací signál na příslušný vstup. Zato asynchronní reagují okamžitě při změně vstupních proměnných.

Nejjednodušším sekvenčním obvodem jsou klopné obvody (KO). Klopné obvody dělíme na astabilní, monostabilní a bistabilní. Astabilní klopné obvody nemají ani jeden stabilní stav, neustále kmitají a chovají se tedy jako oscilátor. Monostabilní klopné obvody mají jeden

stabilní stav a do druhého se dostávají po přivedení řídicího signálu. V tomto stavu setrvávají po určitý čas a opět se vrátí do původního stabilního stavu. Bistabilní klopný obvod má dva stabilní stavy, mezi kterými je přepínáno řídicími signály. Tento druh obvodu je pro moje zapojení nejvhodnější, neboť relé bude přepínáno mezi dvěma stavy, ve kterých bude setrvávat do dalšího odpojení od zdroje. Tento obvod se dá realizovat zapojením diskretních součástek dle obrázku 12.



**Obrázek 12** bistabilní klopný obvod

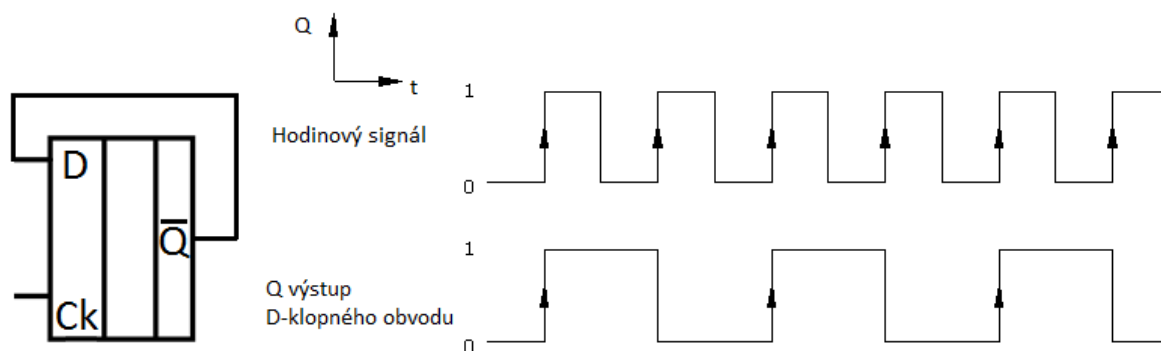
### 5.3.1. Klopný obvod typu D

D	$Q_t$	$Q_{t+1}$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

**Tabulka 2** funkce klopného obvodu D

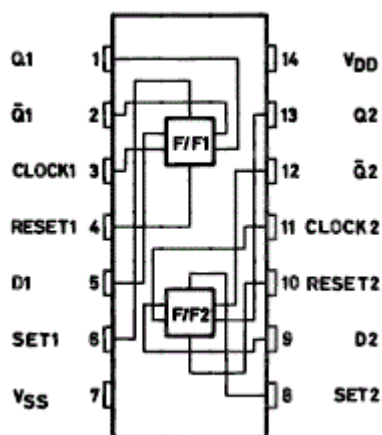
K realizaci potřebné funkce jsem zvolil D klopný obvod. Výstupem synchronního D klopného obvodu je při příchodu taktovacího pulzu logická hodnota na vstupu (tabulka 2). Pokud zapojíme negovaný výstup D klopného obvodu na vstup D (obrázek 13), pak příchodem taktovacího pulzu na vstup CLK dostaneme na výstupu vždy opačnou hodnotu, než byla předchozí. Takové zapojení se nazývá dělička dvěma, anglicky divide-by-two counter, nebo 1-bit binary counter.





Obrázek 13 zapojení a funkce děličky dvěma

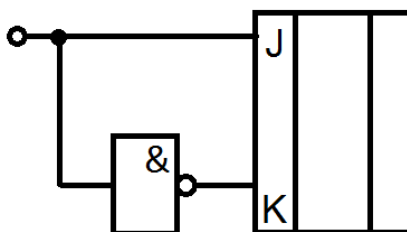
### 5.3.2. CMOS 4013



Obrázek 14 CMOS4013 uspořádání hradel

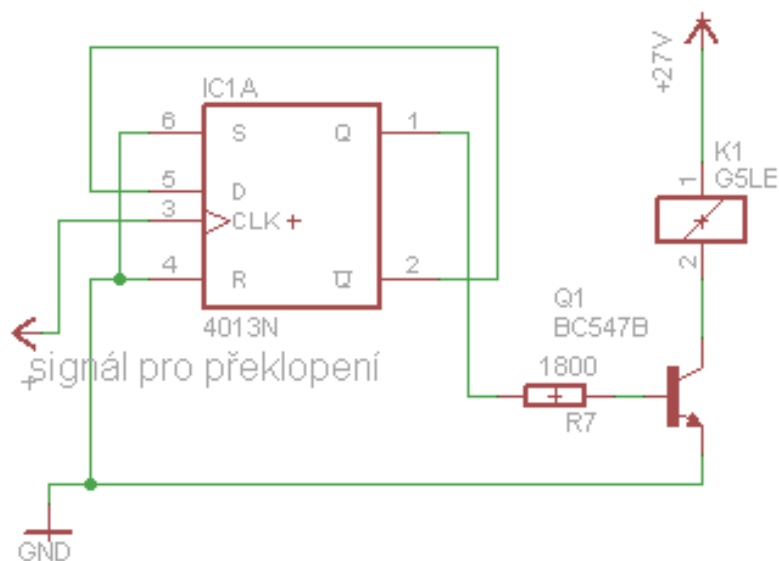
**D klopný obvod**, se může skládat z výše zmíněného zapojení, avšak vhodnější je použití některého z integrovaných obvodů.

Vhodným integrovaným obvodem, který jsem použil, je klopný obvod řady CMOS typu 4013. Jedná se o 14 vývodový integrovaný obvod obsahující dva nezávislé klopné obvody typu D. V mém zapojení postačí pouze jeden z nich, vývody druhého jelikož se jedná o CMOS a v katalogu není uvedeno jinak, musím ošetřit. Další možností by bylo použít například TTL obvod 7474 se stejnou funkcí, nebo JK klopný obvod zapojený dle obrázku (obrázek 15)



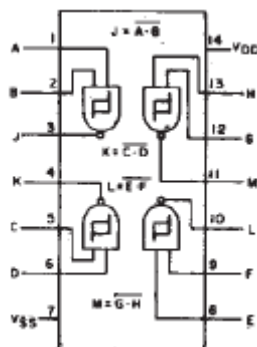
Obrázek 15 realizace D klopného obvodu pomocí JK obvodu

Výstup hradla CMOS má příliš malou proudovou zatížitelnost, než aby mohl přímo spínat relé. Proto je obvod doplněn o tranzistor BC 547B, který se otevírá výstupem klopného obvodu. Přes něj už se relé bez problému sepne.



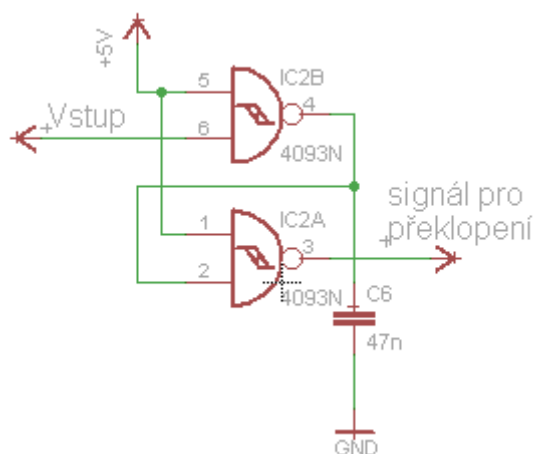
Obrázek 16 schéma řídicího obvodu

### 5.3.3. Obvod CMOS 4093



Obrázek 17 CMOS 4093 uspořádání hradel

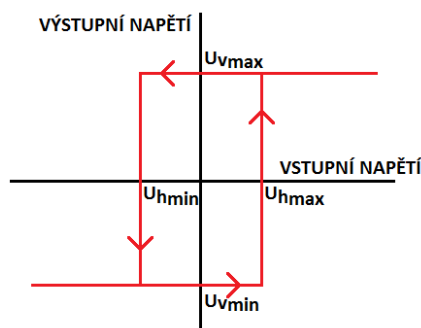
Skládá se ze čtyř nezávislých zapojení se Schmittovým obvodem. Každý z nich má funkci jako dvou vstupové hradlo NAND. Tento obvod je sestaven v 14 pinovém pouzdře s dvěma řadami vodičů. Výhodou oproti obvodům bez Schmittova obvodu, je nezávislost na sestupných a náběžných hranách vstupních signálu, a velká odolnosti proti rušení až 50%. Použití má obvykle jako tvarovač signálu, obvod pro použití v prostředí s velkým rušením, monostabilní multivibrátor, astabilní multivibrátor nebo jen pro využití jeho NAND logiky.



**Obrázek 18 způsob zapojení do obvodu**

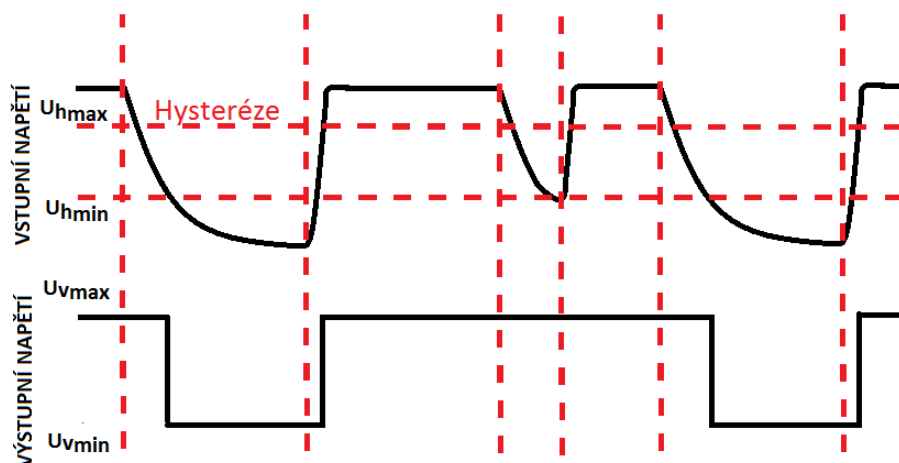
#### 5.3.4. Schmittov obvod

Jeho hlavní vlastnost je. Obvod má dva stabilní stavy, mezi kterými přepíná skokově, vytváří tedy s libovolného signálu signál dvojúrovňový. Úrovně pro přepnutí se určují nastavením součástek a určují pásmo, v kterém při stejném vstupním signálu, můžou být na výstupu různé hodnoty v závislosti na aktuálním stavu výstupu. Toto pásmo je umístěno v obvodu tak aby pokrývalo ty hodnoty vstupního napětí, které jsou u běžných obvodů zakázaným pásmem.



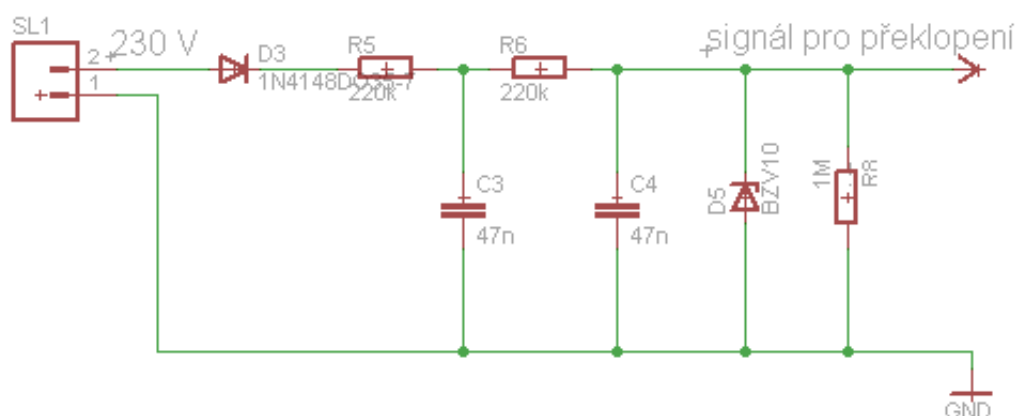
**Obrázek 19 ukázka závislosti výstupu na aktuální hodnotě**

V mém zapojení je tento obvod použit jako 1 bitový převodník analogového signálu na digitální. Jelikož se jedná o hradla typu NAND, je třeba využít další hradlo na invertování signálu na správnou hodnotu. Mezi tyto hradla se připojuje kondenzátor malé kapacity, který vyhladí případné zákmity prvního Schmitova obvodu a zabrání případné indukci střídavého rušení na dlouhém vedení.



**Obrázek 20 závislost výstupu na vstupu v zapojení se Schmittovým obvodem**

Obvod CMOS 4093 je napájen napětím 5 V, to znamená, že napětí na jeho vstupech by nemělo překročit tuto hodnotu. Proto je třeba napěťovou úroveň na vstupech přizpůsobit. K tomu slouží obvod pro zjištění přerušení napájecího napětí.



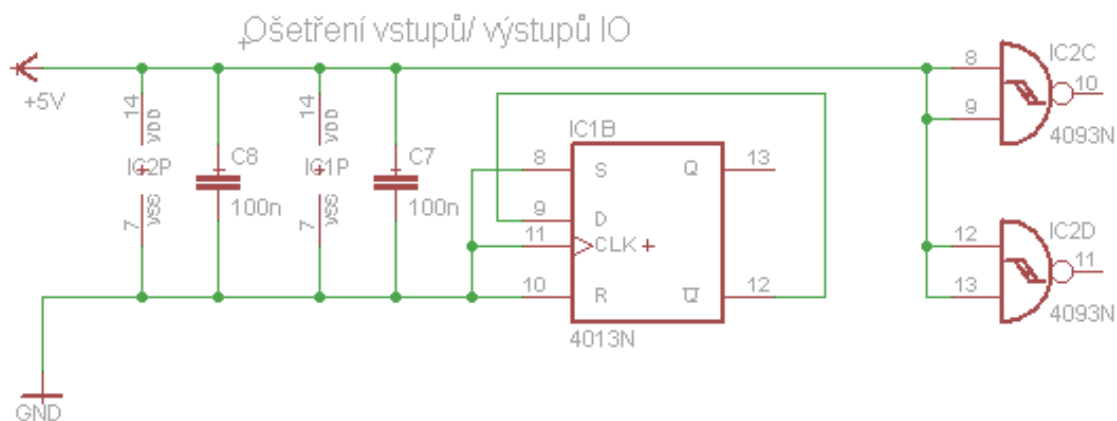
**Obrázek 21 Senzor výpadku napětí bez A/D převodníku**

Obvod obsahuje usměrňovací diodu pro odfiltrování záporného napětí. Dále je zde zapojen pasivní filtr, který má dvě funkce. První funkce jak z názvu vyplívá je filtrace napětí, vzhledem k tomu že obvod je dále spojen se Schmittovým obvodem není velikost filtrace příliš důležitá. Jde pouze o to, aby odpory byly velké hodnoty z důvodu zajištění co nejmenších proudů. Vstup hradla integrovaného obvodu 4093 reaguje už při jednom mikroampéru, tudíž odpory mohou mít opravdu velkou ohmickou hodnotu tak aby se nehřály a příkon byl co nejmenší. Velikost kondenzátoru je nutné volit s ohledem na jejich druhou funkci. Tou je zpoždění překlopení Schmittova obvodu, z důvodu zamezení reakce na nechtěné výpadky napájecího napětí, nebo případné zátky po stisknutí tlačítka. Tato vybíjecí konstanta jde samozřejmě vypočítat, ale určení hodnoty kondenzátoru bylo lepší pokusným zapojením, aby šlo lépe určit co je ještě náhodný stisk tlačítka a co už se za něj

nepovažuje. Zenerova dioda slouží k přizpůsobení napětových úrovní vstupu hradel, paralelní odpor pak ke svedení náboje z kondenzátorů po odpojení od zdroje.

Použité logické obvody obsahují více hradel, než je využito. Jedná se o obvody typu CMOS, to znamená, že vstupy těchto hradel mají vysokou vstupní impedanci. Nepřipojený vstup se chová jako anténa a indukují se do něj snadno rušivé signály. Tyto vstupy musíme zapojit tak aby nedošlo k ovlivnění požadované funkce. Možnosti jsou zapojení na napájecí napětí pro zajištění logické jedničky, zapojení na zem pro logickou nulu, nebo napojení na již využitý vstup.

Je vhodné připojit vstupy těchto nevyužitých obvodů na takovou úroveň, aby spotřeba těchto obvodů byla minimální. Např. hradlo TTL NAND má proudovou spotřebu asi 1 mA při výstupní úrovni H a spotřebu asi 3 mA při výstupní úrovni L je vhodné vstupy nevyužitých obvodů NAND připojit na zem (ušetříme 2 mA na každý logický člen). U nevyužitých logických obvodů CMOS jsou takové úvahy zbytečné. Vždy je alespoň jeden z řetězce spínacích tranzistorů zahrazen - obvodem teče jen nepatrný klidový proud a logické členy (pokud pracují) ve statickém režimu mají zanedbatelně malý příkon[4].



**Obrázek 22 Ošetřením nevyužitých vstupů**

Vstupy R a S klopného obvodu D jsou spojeny se zemí. Pokud bych chtěl nastavit počáteční podmínky, využil bych těchto vstupů zapojených přes kondenzátor dle doporučeného zapojení. Jelikož tyto obvody nemají v zapojení žádnou funkci, zapojení vstupů je libovolné, pouze u klopného obvodu nesmí dojít k překlápění, aby zbytečné nevzrůstal příkon způsobený změnou stavů. V obvodu je dále vidět připojení logických obvodů na napájení, které je opatřeno blokovacími kondenzátory doporučené hodnoty. Tyto kondenzátory by při návrhu plošného spoje měly být co nejbližše určeným integrovaným obvodům.

### 5.3.5. SUN HOLD RAS-2415



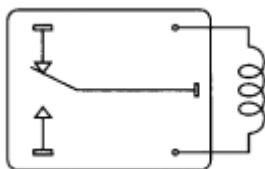
Obrázek 23 podoba relé

Jedná se o relé vyráběné společností SUN HOLD. RAS je typové označení, čísla 24 a 15 udávají napětí pro cívku a proudovou zatížitelnost řízených kontaktů. Další důležité parametry z katalogu jsou uvedeny v tabulce 3.

Parametr	Hodnota	Jednotka
U cívky	24	[V]
R cívky	1600	[Ohm]
I cívky	15	[mA]
P cívky	0,36	[W]
Max. proud kontaktem	15	[A]
Čas přitahu	10	[ms]
Čas odpadu	5	[ms]

Tabulka 3 přehled parametrů relé

Řízen je kontakt typu přepínač mezi dvěma stavy. Výchozí pozice zakoupeného typu je zobrazena na obrázku. Vyrábějí se varianty A, B, C, kde jsou kontakty přitahovány z různých stran a výchozí pozice je jiná. Vyrábí se i provedení kde kontakty zůstávají přitáhnuty i po odpojení napětí a mezi bistabilními stavy se přepíná polaritou napětí.

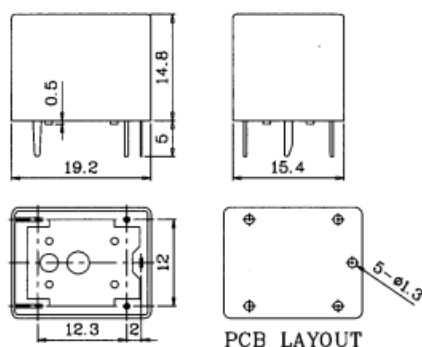


Obrázek 24 vnitřní zapojení relé

Napětí ze sítě je převedeno na napětí 27V, to je klíčový parametr při výběru relé. V katalogu je uvedeno maximální napětí jako 130% procent napětí jmenovitého. To je tolerance do 31,2 V, které převedené napětí splňuje. Dále jsou uvedené maximální hodnoty pro přitah a

odpadnutí kotvy relé. Pro sepnutí kontaktů je to maximálně 75% jmenovitého napětí, tedy 18 V. Pro odpadnutí kontaktů je minimální úroveň napětí 10% z 24 V, tedy 2,4 V. To se dá nazvat hysterezí, která je vhodná hlavně kvůli udržení sepnutí relé po odpojení od zdroje. Po odpojení zdroje totiž napětí klesá z nestabilizovaných 27 V na úroveň značně níží, kterou udržuje pouze náboj na kondenzátoru.

Relé jsem volil také podle rozměrů, které by měly být co nejmenší z důvodu zachování minimálních rozměrů výsledné desky plošných spojů. Rozměry jsou na obrázku 5. Vyrábějí se relé se stejnými rozměry a jinými parametry v případě potřeby jiných vlastností, nebo toto relé může ovládat další relé s možností vyššího zatížení než 10A při 230V střídavého.



**Obrázek 25 rozměry relé**

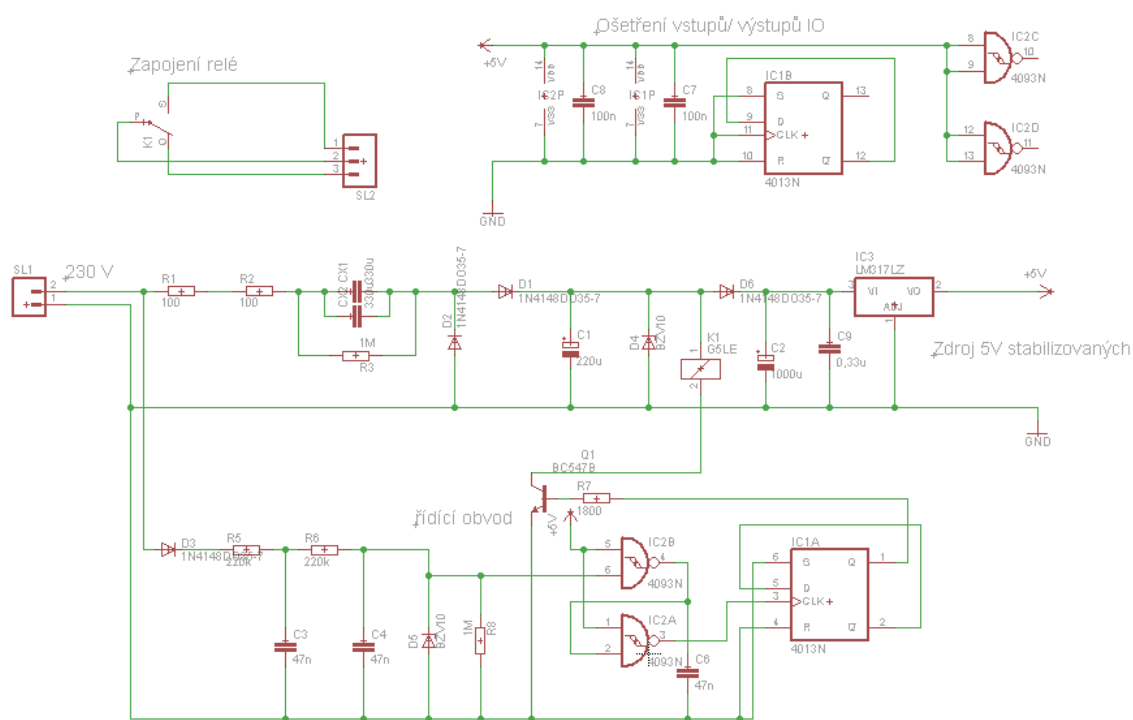
Kontakty relé jsou vyvedeny na druhou svorkovnici umístěnou na pravé straně zařízení. Mohly by být spojeny přímo s napájením zařízení tak aby na výstupu bylo zajištěno bez dalšího propojování síťové napětí. To by odpovídalo zadání, ale snížila by se tím univerzálnost zařízení. Propojení se vstupem může být lehce provedené kabelem přes svorkovnici.



**Obrázek 26 vyvedení kontaktů relé na svorkovnici**

## 5.4. Výsledné schéma

Výsledné schéma se skládá ze spojení všech předchozích dílčích schémat. Uprostřed je vidět zdroj na 27 V a 5 V stabilizovaných. Výstup 27 V je připojen na relé, zatímco výstup stabilizovaného napětí 5 V je spojen s napájením logických obvodů a vstupu s logickou jedničkou. Spojení filtru se Schmittovým obvodem tvoří senzor pro přerušení napájecího napětí, který je připojen k D klopnému obvodu tvořícímu řídicí obvod. Nahoře jsou umístěny ošetřené vstupy a vyvedení kontaktů relé na svorkovnici.



Obrázek 27 výsledné schéma zařízení



## 6. Návrh desky plošného spoje

### 6.1. Vývojový program Eagle

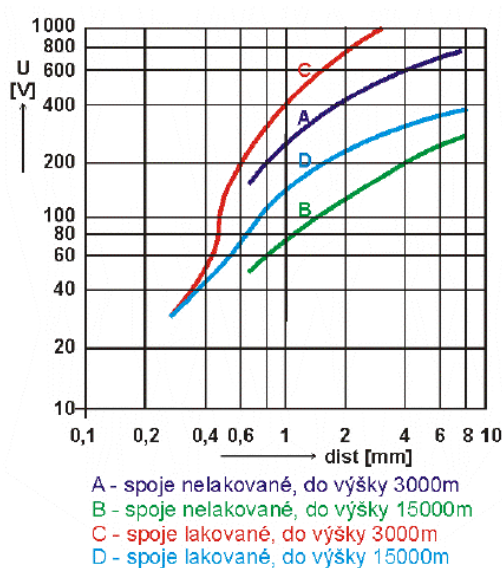
Eagle je zkratka pro EasilyApplicablegraphical layout editor. Tedy je to jeden z nejrozšířenějších programů pro tvorbu desek plošných spojů. Program se skládá ze tří částí, kterými jsou editor spojů, editor schémat a knihovna součástek. Tyto moduly jsou vzájemně provázány a změna obvodu, nebo součástky provedena v jednom ovlivní obvod nebo součástku v ostatních.

Postup pro vytvoření desky plošných spojů spočívá ve vložení a pospojování součástek v editoru schémat. Součástky lze libovolně vytvářet, nebo upravovat v modulu knihovna součástek. Program pak automaticky převede toto schéma do editoru spojů, kde si uživatel rozmístí součástky vhodně na zvolenou velikost desky a může si vybrat mezi samočinným nebo ručním pospojováním součástek.

Program obsahuje kontrolu elektrických pravidel a pravidel návrhu. Zhotovený návrh umí exportovat do PDF a jiných běžně používaných formátu pro tvorbu desek.

### 6.2. Pravidla pro návrh desky plošných spojů

Při návrhu desky je nutné dodržovat pravidla pro jejich návrh. Zejména to je velikost izolační mezery mezi jednotlivými spoji. Její vzdálenost ovlivňuje hodnota napětí, tak jak je vidět v grafu 1. Zařízení je napájeno z 230V, spoje budou lakované a počítá se s umístěním zařízení do 3000 m. To znamená izolační mezeru přibližně 0,8 mm. Toto napětí je však jen mezi minimem vodičů, po jeho zpracování je napětí sníženo na 26 V a 5 V.



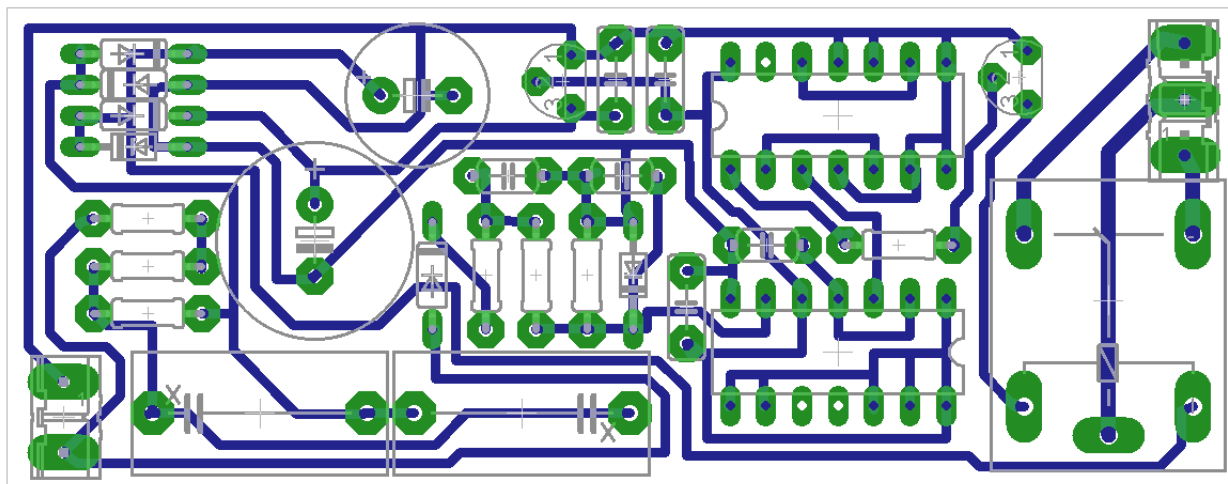
Graf 1 přehled minimální velikosti izolačních mezer [8]

Dalším důležitým parametrem je proudová zatížitelnost spojů. Ta je stejně jako tloušťka izolační mezery dána tabulkou, ale vzhledem k minimálním proudům v zařízení je spíše šíře spojů určena výrobními omezeními, jako je podleptání spojů a podobně. Stejně tak velikost pájecích plošek je spíše daná tím, aby se na ně dobře pájelo. Odpor vodičů je vzhledem ke kiloohmovým hodnotám odporů v zařízení také zanedbatelný. Jediné místo kde je nutné dodržovat tyto pravidla je u výstupů relé. To je výrobcem dimenzováno až na 10 A při 230 voltech a tomu by měl přizpůsoben i plošný spoj.

Rozmístění součástek by mělo být logické. Analogová a digitální část by měla být oddělená, stejně části pracující s různými napětími, samozřejmě při zachování jednoduchosti a realizovatelnosti co s nejnižším počtem, nebo lépe úplně bez drátových propojek. Lokální kondenzátory pro logické obvody musí být co nejbližze určeným součástkám. Vstupy do zařízení se zpravidla dávají vpravo, výstupy vlevo. Pájecí plošky těchto výstupů jsou určeny jak pro montáž svorkovnic, tak pro připojení kabelů pro možnost zaizolování zařízení pro zvýšení bezpečnosti. Stejně tak je vhodné při výrobě desky použít nepájivé masky pro zvýšení bezpečnosti a životnost spojů.

### 6.3. Výsledná deska plošných spojů

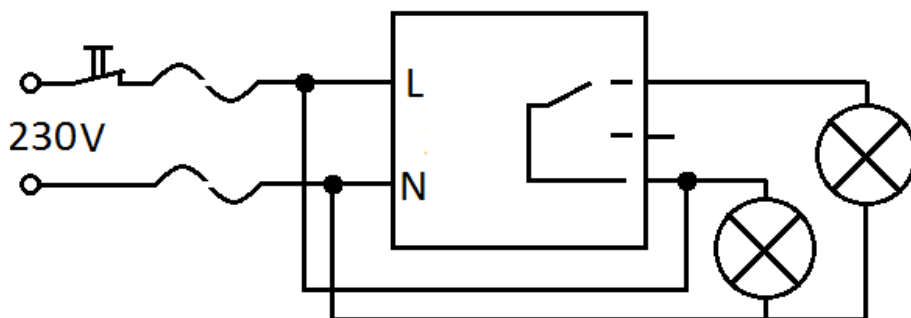
Výsledné rozměry desky jsou 87 x 34 mm. Napájecí část je umístěna na pravé straně desky, více vlevo je logická část obvodu a úplně vlevo je vidět prostor pro relé.



Obrázek 28 výsledná podoba návrhu desky plošných spojů

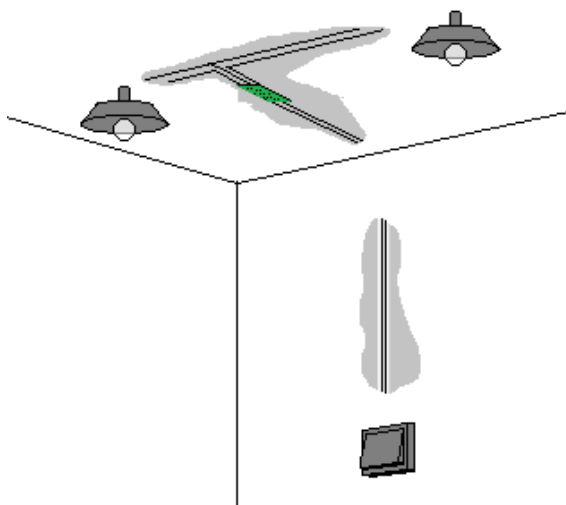
## 7. Použití

Zařízení je primárně určeno k ovládání spotřebiče na 230 V. Nepropojení relé se vstupem pro napájení toto určení rozšiřuje. Relé může přepínat různé úrovně napětí, nebo například i další relé, které má vyšší zatížitelnost. Stejně tak je větší spektrum realizovatelných funkcí než jen přepínání mezi jedním a druhým stavem. Při použití žárovek jako příkladu, je na obrázku 29 vidět realizace funkce kde jeden prvek je vždy aktivní a druhý je vypínán/zapínán dálkově.



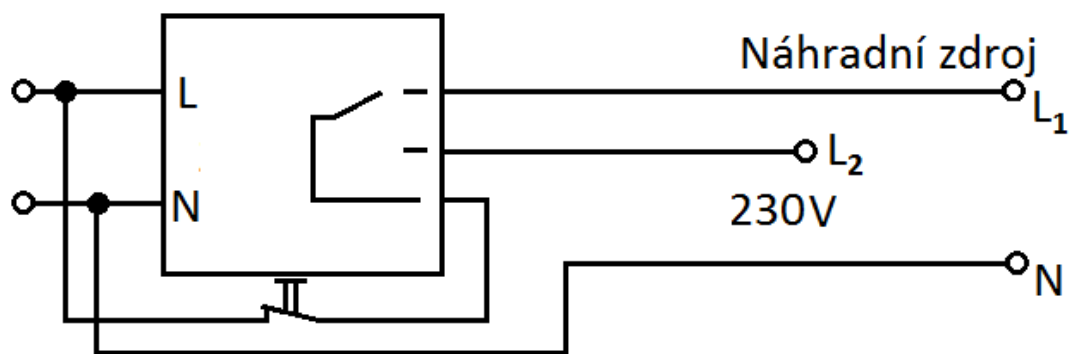
Obrázek 29 ukázka zapojení 1

Zařízení není schopné napájet tento prvek v době přerušení napájecího napětí, je tedy možné zapojit fázový vodič před spínač. To zajistí nepřerušování obvodu napájení prvků zapojených na relé, ale zároveň při použití pro vzdálené ovládání spínačem se neušetří jeden vodič. To může být užitečné například v případech kdy je již ve zdi pár vodičů a chceme rozsvěcet různý počet světel jedním vypínačem. V tom případě by byla potřeba táhnout třetí vodič, který by byl druhou fází pro rozsvícení různé počtu. Při použití tohoto zařízení, schovaného třeba pod jednou z lamp, se tato funkce dá realizovat bez potřeby vybourávání místa pro třetí vodič ve zdi.



Obrázek 30 ukázka praktického užití

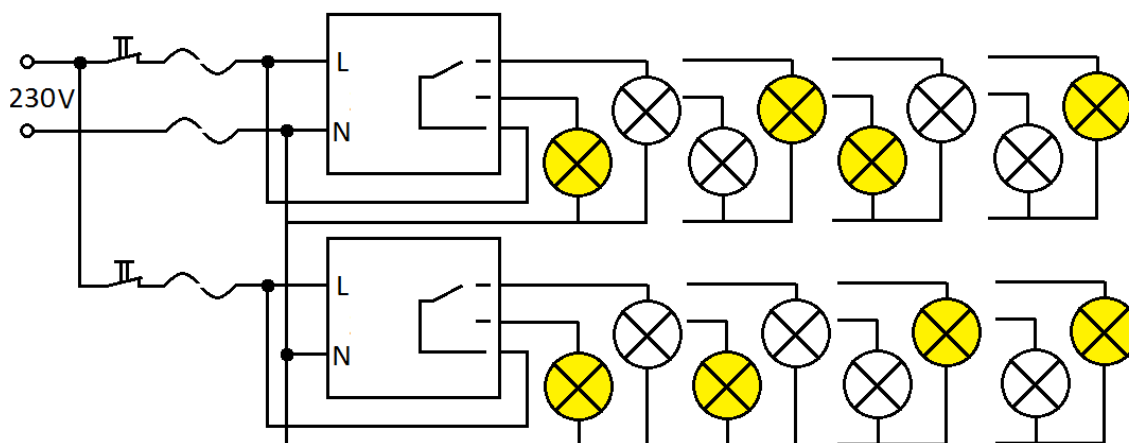
Další využití, které by se dalo okrajově použít je jako automatický přepínač mezi dvěma zdroji. Ten by se přepínal při stisknutí tlačítka nebo samočinně při výpadku napájení. K tomu však není primárně určen a pro potřeby například jako UPSky (zařízení pro nepřerušitelné napájení) by reagoval velmi pomalu.



Obrázek 31 ukázka zapojení 2

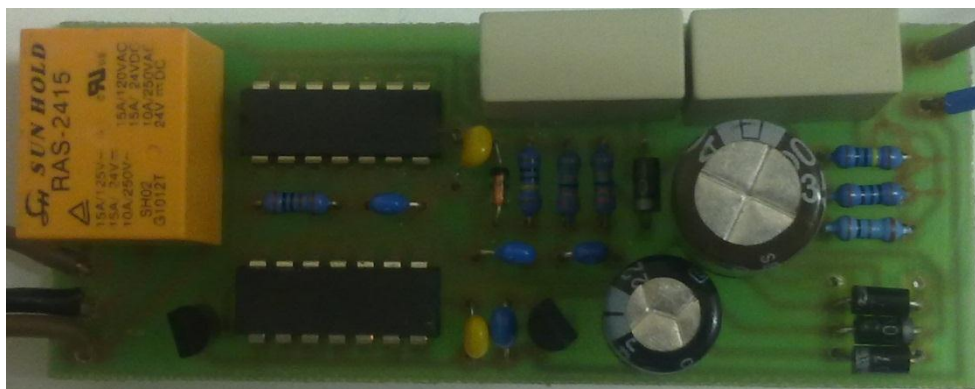
### 7.1. Párování více zařízení

Zařízení se dají samozřejmě párovat. V takovém případě se možnost realizace různých funkcí zvyšuje druhou mocninou s počtem zařízení. Spojení lze provést pouze paralelně, neboť zařízení nemá vlastní napájecí zdroj kromě kondenzátoru zásobujícího logický obvod během přerušení napájení. S toho plyne, že zařízení nemůže sloužit jako dělička dvěma, která by vyplývala ze sériového použití D klopných obvodů.



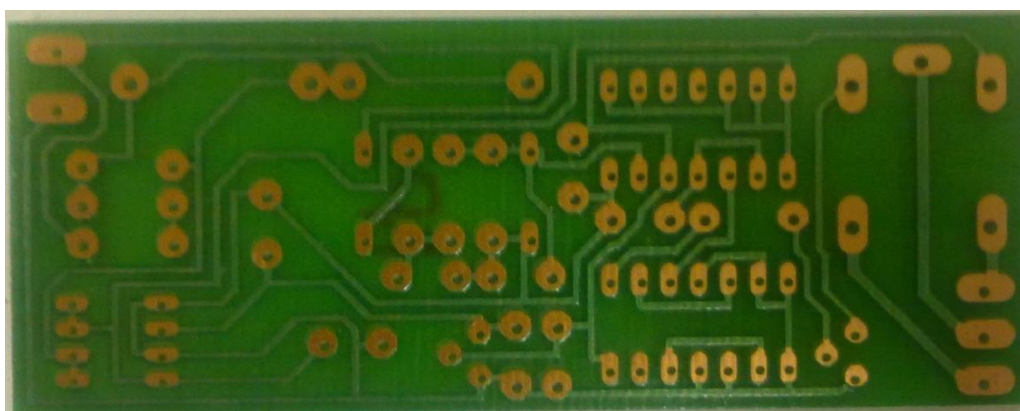
Obrázek 32 ukázka zapojení a funkce více zařízení spojených paralelně

## Shrnutí vlastností realizovaného zařízení



**Obrázek 33 Výsledná podoba zařízení**

Deska plošného spoje byla dle návrhu vytvořena v laboratoři univerzity vybavené zařízením pro jejich výrobu. Při osazování se vyskytl problém se stabilizátorem L7805, který ve skutečnosti měl jinak umístěné vývody než ten použitý v programu eagle. Tento problém se lehce vyřešil pootočením součástky. Výsledná podoba zařízení je zobrazena na obrázku 34.



**Obrázek 34 zhotovená deska plošného spoje bez osazení součástkami**

Zařízení je primárně určené na napětí v síti ale dokáže pracovat i s nižším napětím, případně se dají změny napětí kompenzovat změnou frekvence tak, aby výsledná impedance předřadných kondenzátorů odpovídala přibližně její hodnotě při jmenovitých hodnotách.

Zařízení nevyhodnocuje každý impuls jako ovládací. Ten musí mít určitou délku vymezenou vybíjením kondenzátoru v senzoru výpadku napájení, to hlavně z důvodů nechtěných zmáčknutí, poruch v síti a kvůli ošetření zákmitů tlačítka. K překlopení dojde tedy jen tehdy, vybije-li se napětí na kondenzátoru pod hodnotu danou A/D převodníkem tvořeným Schmittovým klopným obvodem. Tato hodnota je 0,3 V a vybíjení na tuto hodnotu trvá 130ms.



**Obrázek 35 ukázka ovládání**

Zařízení musí napájet logické obvody i při přerušení napájecího napětí, i když jen krátkodobě. K tomu v obvodu slouží kondenzátor o velké kapacitě, který dokáže obvod napájet až na 8 sekund po odpojení. Tím je daná maximální délka ovládacího pulzu, která když je překročena zařízení se vrátí do původního stavu, bez ohledu na stav předchozí.

Relé tak dlouho sepnuté při výpadku nevydrží, po krátkém čase odpadne a do správné polohy ho uvede znovu až řídicí obvod. To příliš nevádí, protože pokud je přiveden ovládací impuls dojde k přepnutí tak či onak, pouze při přepnutí ze stavu jedna do stavu dva dojde k přepnutí až po náběžné hraně pulsu, zatímco při přepínání ze stavu dva do stavu jedna již při hraně náběžné.

## **Závěr**

Cílem této práce bylo seznámit se s principy analogové a číslicové techniky a na základě těchto znalostí vytvořit zařízení, které bude ovládat spotřebič na 230 V pomocí krátkého přerušení napájecího napětí.

V práci byla teoreticky nastudována nezbytná teorie analogových a číslicových obvodů. Zejména velká pozornost je věnovaná napájecím obvodům, kde za nejvhodnější pro tento způsob použití byl zvolen zdroj s předřadným kondenzátorem. Dále byly použity logické obvody CMOS, které slouží jako analogově digitální převodník a tvoří řídicí logiku. Ovládaným členem je relé s přepínáním mezi dvěma stavy, ovládáním spotřebiče může být tedy vypínání/zapínání, přepínání mezi dvěma spotřebiči, nebo jakákoliv jiná funkce realizovatelná bistabilním relé. Spotřebič nemusí být přímo na 230 V, ale může být spínáno jiné napětí, získané jiným zdrojem, až do výše zatížitelnosti relé. Zařízení je realizované na desce plošného spoje s rozměrem 87 x 33 mm. Deska je zhotovená pomocí prostředků poskytnutých univerzitou a postup výroby desky plošného spoje je v práci rozepsán. Zařízení je optimalizované pro obsluhu tlačítkem nebo vypínačem/spínačem tak, aby odfiltrovalo zákmity po stisknutí, poruchy v síti a ignorovalo příliš krátká stisknutí.



## Citovaná literatura

- [1] VLČEK, Jiří. Zdroje napětí (II): teoretická základna. *Zdroje napětí (II): teoretická základna* [online]. 2007, s. 2, 16.7.2007 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4239-zdroje-napeti-ii-teoreticka-zakladna>
- [2] TA BABU. Napájecí zdroj využívající nízkého napětí v síti: Příklad řešení síťového napájecího zdroje, který využívá nízký potenciál mezi půlvlnami střídavého napětí. Obvod je složen pouze z běžně dostupných součástek. *Pandatron.cz* [online]. 2011, s. 1, 18. května 2011 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: [http://pandatron.cz/?2704&napajeci\\_zdroj\\_vyuzivajici\\_nizkeho\\_napeti\\_v\\_siti](http://pandatron.cz/?2704&napajeci_zdroj_vyuzivajici_nizkeho_napeti_v_siti)
- [3] VOBECKY, Jan a Vít ZAHLAVA. *Elektronika: Součástky a obvody, principy a příklady*. 3., rozšířené vydání. Grada, 2005, 220 s.
- [4] Vrba, R., Kolouch, J., Kuchta, R., Jaroš, J.: Digitální obvody. [Skriptum VUT v Brně], Brno 2002
- [5] KOLOUCH, Jaromír. Technická realizace ČIO. *Vutbr* [online]. 2004 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: [http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/downloads/ict\\_pred\\_11.pdf](http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/downloads/ict_pred_11.pdf)
- [6] PETRŽÍLKA, Leoš. Elektronická zařízení: Technologie desek plošných spojů. [online]. 2012, s. 101, únor 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <https://elearning.fm.tul.cz/course/view.php?id=171>
- [7] ST MICROELECTRONICS. *POSITIVE VOLTAGE REGULATORS: L78L00 SERIES* [online]. 1999 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: [http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/150/9358\\_DS.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/150/9358_DS.pdf)
- [8] PETRŽÍLKA, Leoš. Elektronická zařízení: Tabulka izolační pevnosti mezery mezi plošnými vodiči. [online]. 2012, s. 101, únor 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <https://elearning.fm.tul.cz/course/view.php?id=171>